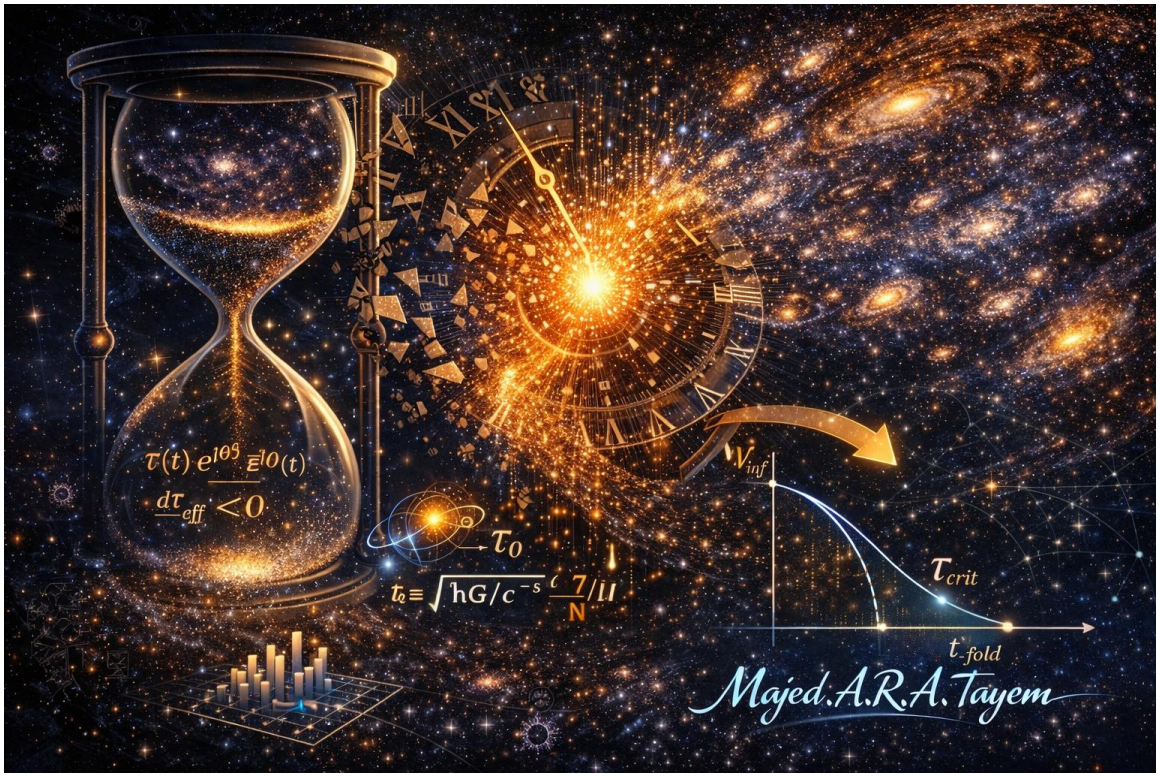
Does Time Have a Finite Horizon ?

Cosmic Informational Folding within the PCTS Hypothesis



١

Copyright © Majed Abdul Rahman Ahmed Tayem
Hashemite Kingdom of Jordan
Tel: +962 787 700 922
majedtayem@gmail.com

Does Time Have a Finite Horizon ? Cosmic Informational Folding within the PCTS Hypothesis

Central Summary

This work addresses the central ontological question : Does the function of time as a medium for recording novelty in the universe have an endpoint ? The mathematical structure of the proposed framework indicates the existence of a functional transitional horizon for effective time , leading to a final cosmic phase we term "Informational Folding" . The hypothesis is tested through a specific quantitative prediction regarding the deceleration of cosmic structure growth .

Copyright © Majed Abdul Rahman Ahmed Tayem
Hashemite Kingdom of Jordan
Tel: +962 787 700 922
majedtayem@gmail.com

1 Conceptual and Mathematical Foundations

1.1 Time as a Complex Dynamical Field

Time is redefined from a background parameter into an active field . The foundational equation is :

$$\Psi(t) = \tau(t) e^{i\theta(t)}$$

where $\Psi(t)$ is the complex time field , $\tau(t)$ is the temporal amplitude , and $\theta(t)$ is the temporal phase . The effective amplitude $\tau_{\text{eff}}(t) = \tau(t)\cos\theta(t)$ expresses the universe's capacity to generate new causal distinctions , i.e. , to register distinct information .

1.2 Effective Dynamical Formulation

The system is described by the action $S = \int \mathcal{L}\, dt$, where the Lagrangian density $\mathcal{L}$ is given as an effective (phenomenological) description at low energy scales :

$$\mathcal{L} = \frac{1}{2}\left(\frac{d\tau_{\text{eff}}}{dt}\right)^2 - \frac{1}{2}\tau_{\text{eff}}^2(1-\cos\theta) - \alpha I \tau_{\text{eff}} + \mu\left(\frac{dI}{dt}\right)^2 \exp\left(-\frac{I_{\max}-I}{I_{\max}}\right)$$

The first term represents kinetic energy , the second a temporal potential , and the third an informational–temporal coupling . The final term ensures ontological conservation of information as the system approaches its maximum capacity $I_{\max}$. The resulting equations of motion yield behavior satisfying $d\tau_{\text{eff}}/dt < 0$ in the late cosmic phase .

1.3 Fundamental Unit and Critical Threshold

The "chronon" is defined as the smallest informationally effective unit of time , derived from an internal informational stability condition $\mathcal{S}_{\text{loc}} \geq \Sigma_{\text{crit}}$, rendering it a primary ontological quantity . It is mathematically expressed as a Planck-scale limit corrected by the heptadic system structure :

$$\tau_0 = \sqrt{\frac{hG}{c^5}} \cdot \frac{7}{N} \approx 5.44 \times 10^{-44}\,\text{s}$$

Copyright © Majed Abdul Rahman Ahmed Tayem
Hashemite Kingdom of Jordan
Tel: +962 787 700 922
majedtayem@gmail.com

where N is a correction factor close to unity . The critical threshold $\tau_{\text{crit}} = 7\tau_0$ represents the minimum amplitude required to sustain causality and informational distinguishability .

1.4 Damping Equation and Effectiveness Constant

The decline of effective amplitude arises from informational registration limits . In the late phase , this decline can be modeled by an effective equation :

$$\frac{d\tau_{\text{eff}}}{dt} \approx -\gamma\, \tau_{\text{eff}}$$

where the damping constant γ is linked to the rate of cosmic informational entropy production :

$$\gamma \propto \frac{1}{I_{\max}} \frac{dS_{\text{info}}}{dt}$$

$\gamma \approx 1.0 \times 10^{-21}\,\text{s}^{-1}$ is estimated by comparison with the current age of the universe and its registration capacity .

2 The Horizon of Time and Onset of Informational Folding

2.1 Nature of Folding and Its Physical Mechanism

Informational folding begins when τ_{eff} enters a sustained decline phase . This is an ontological transition : while the physical volume of the universe may continue expanding , the "effective informational volume" $V_{\text{inf}} \propto \tau_{\text{eff}}$ decreases , signifying a shift from a universe that generates new information to one that archives its cosmic informational record .

This transition mechanism can be described via an effective informational pressure :

$$P_{\text{inf}} = -\rho_{\text{inf}}\, \exp\left[-\left(\frac{\tau_{\text{crit}}}{\tau_{\text{eff}}}\right)^2\right], \quad \text{for } \tau_{\text{eff}} > \tau_{\text{crit}}$$

Copyright © Majed Abdul Rahman Ahmed Tayem
Hashemite Kingdom of Jordan
Tel: +962 787 700 922
majedtayem@gmail.com

where ρ_{inf} is the information density (relatable to $I(t)/I_{\max}$ as a relative measure) . This pressure asymptotically approaches a mild negative zero (a stabilizing pressure) as $\tau_{\text{eff}} \to \tau_{\text{crit}}$, clarifying the mechanism of informational stabilization and precluding any interpretation involving violent collapse .

2.2 Derivation of Folding Time

From the exponential damping model $\tau_{\text{eff}}(t) = \tau_{\text{now}} \exp(-\gamma(t - t_{\text{now}}))$ and the condition $\tau_{\text{eff}}(t_{\text{fold}}) = \tau_{\text{crit}}$, we obtain :

$$\Delta t_{\text{fold}} = \frac{1}{\gamma} \ln\left(\frac{\tau_{\text{now}}}{\tau_{\text{crit}}}\right)$$

2.3 Numerical Result and Causal Interpretation

Substituting the values $\tau_{\text{now}}/\tau_{\text{crit}} \approx 5.714 \times 10^{59}$ and $\gamma \approx 1.0 \times 10^{-21}\,\text{s}^{-1}$:

$$\boxed{t_{\text{fold}} \approx t_{\text{now}} + 4.4 \times 10^{15}\,\text{yr}}$$

This exploratory estimate marks the moment of exhaustion of the universe's registration capacity , not its energy . It arises from an ontological constraint on information generation , fundamentally distinguishing it from the heat death scenario in ΛCDM .

---

3 Central Observational Prediction and Falsifiability

3.1 Physical Effect and Quantitative Prediction

The decrease in τ_{eff} induces an additional effective slowdown in the gravitational growth of cosmic structures . The relative deviation in the growth rate $f\sigma_8$ is linked to the relative deviation in amplitude :

$$\frac{\delta(f\sigma_8)}{(f\sigma_8)_{\Lambda CDM}} \approx \beta \frac{\tau_{\text{eff}} - \tau_{\text{eff},\,\Lambda CDM}}{\tau_{\text{eff},\,\Lambda CDM}}$$

assuming $\tau_{\text{eff},\,\Lambda CDM} \approx \text{const}$, i.e. , that the decline in τ_{eff} is an internal PCTS dynamics only . The model predicts for $0.5 < z < 1.0$:

$$\boxed{\Delta(f\sigma_8) \approx -(2.1 \text{ to } 3.8)\%}$$

relative to ΛCDM expectations .

3.2 Statistical Test and Data

With the anticipated data precision from DESI (Y3) and Euclid (DR1) during 2026–2030 , this deviation is estimated to yield $\Delta\chi^2 \approx 4 - 9$. Cross-correlation analysis between the two datasets will enhance the statistical power of the test . The mathematical structure also implies an additional prediction : a relative increase of 1–3% in the average size of cosmic voids at $z < 0.8$.

Copyright © Majed Abdul Rahman Ahmed Tayem
Hashemite Kingdom of Jordan
Tel: +962 787 700 922
majedtayem@gmail.com

4 Scientific Conclusion

1 . **Does time have a horizon ?** The proposed formulation indicates a functional transitional horizon for effective time at $\tau_{\text{eff}} \to \tau_{\text{crit}}$, estimated to occur after $\sim 4.4 \times 10^{15}$ years . This is not the end of parametric time , but the end of its generative capacity as a medium for recording novelty .

2 . **What is informational folding ?** It is an ontological transition wherein the universe shifts from an information-generating cosmos to an archiving one preserving its cosmic informational record . This fundamentally differs from any conventional physical collapse .

3 . **Achieving Ontological Closure :** The PCTS mathematical structure achieves self-closure through coupling the time field to an informational conservation potential , thereby providing an ontological resolution to the information loss problem left unaddressed by classical models .

4 . **Status of the Hypothesis and Testability :** PCTS offers a closed , testable mathematical framework for addressing the question of time's limits . The prediction of a specific slowdown in $f\sigma_8(z)$ at low redshift constitutes a direct and decisive test . Upcoming DESI and Euclid data will serve as the arbiter of this hypothesis .

The PCTS hypothesis remains a testable theoretical framework , not a final solution . Its purpose is to open a quantitative research pathway into the question of time's horizon , with the ultimate judgment reserved for observation .

Majed Tayem – Majed A . R . A . Tayem
Researcher in Theoretical Physics
January 2026

Appendix : Sensitivity Table of Estimated Constants

Constant	Value (Estimated)	Primary Impact on Δt_{fold}	Note
γ	$1.0 \times 10^{-21}\,\text{s}^{-1}$	±30% variation changes result by $\pm 1.3 \times 10^{15}$ years	Temporal damping coefficient .
κ (in τ_{now})	0.5	±30% variation changes result by $\pm 0.9 \times 10^{15}$ years	Current efficiency factor .
β	Calibrated from data	Determines magnitude of relative $f\sigma_8$ shift	Quantitative physical coupling to observation .

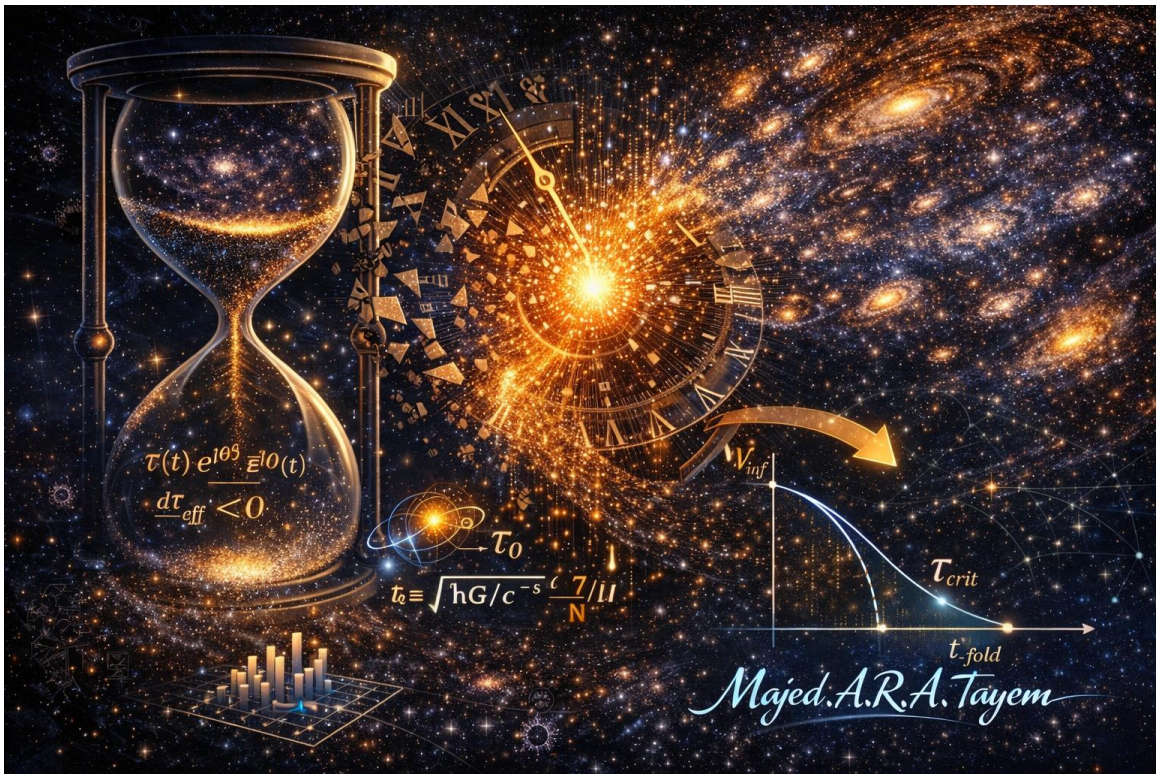
Note : The provided Δt_{fold} values are preliminary exploratory estimates derived from a simplified effective model . Their purpose is to explore the temporal order of the phenomenon , while the decisive criterion for the framework's validity remains the observational falsifiability of its predictions (e.g. , $\Delta(f\sigma_8)$) .

Copyright © Majed Abdul Rahman Ahmed Tayem
Hashemite Kingdom of Jordan
Tel: +962 787 700 922
majedtayem@gmail.com

Copyright © Majed Abdul Rahman Ahmed Tayem
Tel: +962 787 700 922
Hashemite Kingdom of Jordan
majedtayem@gmail.com

هل للزمن أجل محدد ؟

الطي المعلوماتي الكوني في إطار فرضيةPCTS



Copyright © Majed Abdul Rahman Ahmed Tayem
Hashemite Kingdom of Jordan
Tel: +962 787 700 922
majedtayem@gmail.com

٩

هل للزمن أجل محدد ؟ الطي المعلوماتي الكوني في إطار فرضية PCTS

ملخص مركزي

يتناول هذا العمل السؤال الأنطولوجي المركزي : هل توجد نهاية لوظيفة الزمن كوسيط لتسجيل الجديد في الكون ؟ تشير البنية الرياضية في الإطار المقترح إلى وجود أجل انتقالي وظيفي للزمن الفعال ، يقود إلى طور كوني نهائي نسميه "الطي المعلوماتي" . يتم اختبار الفرضية من خلال تنبؤ كمي محدد حول تباطؤ نمو الهياكل الكونية .

1 الأسس المفاهيمية والرياضية

1.1 الزمن كحقل ديناميكي مركب

يُعاد تعريف الزمن من معلمة خلفية إلى حقل نشط . المعادلة التأسيسية هي :

$$\Psi(t) = \tau(t)e^{i\theta(t)}$$

حيث $\Psi(t)$ هو حقل الزمن المركب ، و $\tau(t)$ هي السعة الزمنية ، و $\theta(t)$ هو الطور الزمني . السعة الفعالة $\tau_{\text{eff}}(t) = \tau(t)\cos\theta(t)$ تعبّر عن قدرة الكون على توليد فروق سببية جديدة ، أي تسجيل معلومات مميزة .

Copyright © Majed Abdul Rahman Ahmed Tayem
Tel: +962 787 700 922
Hashemite Kingdom of Jordan
majedtayem@gmail.com

1.2 الصياغة الفعالة للديناميكا

يُوصف النظام من خلال الفعل $S = \int \mathcal{L}\, dt$ ، حيث تُعطى كثافة لاغرانجيان $\mathcal{L}$ كوصف فعال (phenomenological) في حدود الطاقة المنخفضة :

$$\mathcal{L} = \frac{1}{2}\left(\frac{d\tau_{\text{eff}}}{dt}\right)^2 - \frac{1}{2}\tau_{\text{eff}}^2(1-\cos\theta) - \alpha I \tau_{\text{eff}} + \mu\left(\frac{dI}{dt}\right)^2 \exp\left(-\frac{I_{\max}-I}{I_{\max}}\right)$$

يمثل الحد الأول طاقة حركية ، والثاني جهدًا زمنيًا ، والثالث اقترانًا بين المعلومات والسعة الزمنية . يضمن الحد الأخير الحفظ الأنطولوجي للمعلومات عند اقتراب النظام من سعته القصوى $I_{\max}$. تنتج معادلات الحركة عن هذا الوصف سلوكًا يفي بشرط $d\tau_{\text{eff}}/dt < 0$ في الطور الكوني المتأخر .

1.3 الوحدة الأساسية والعتبة الحرجة

يُعرّف "الكرونون" كأصغر وحدة زمنية فعالة معلوماتيًا ، ويُشتق من شرط استقرار معلوماتي داخلي $\Sigma_{\text{crit}} \mathcal{S}_{\text{loc}} \geq$ ، مما يجعله كمية أنطولوجية أولية . يُعبّر عنه رياضيًا كحد بلانك مصحح بهيكل النظام السباعي :

$$\tau_0 = \sqrt{\frac{hG}{c^5}} \cdot \frac{7}{N} \approx 5.44 \times 10^{-44}\,\text{s}$$

حيث N عامل تصحيح قريب من الوحدة . تمثل العتبة الحرجة $7\tau_0\tau_{\text{crit}} =$ الحد الأدنى للسعة اللازمة للحفاظ على السببية والتمييز المعلوماتي .

1.4 معادلة الخمود وثابت الفعالية

ينشأ تراجع السعة الفعالة من حدود التسجيل المعلوماتي . في الطور المتأخر ، يمكن نمذجة هذا التراجع بمعادلة فعالة :

$$\frac{d\tau_{\text{eff}}}{dt} \approx -\gamma\, \tau_{\text{eff}}$$

حيث يرتبط ثابت الخمود γ بمعدل إنتاج الإنتروبيا المعلوماتية الكونية :

$$\gamma \propto \frac{1}{I_{\max}} \frac{dS_{\text{info}}}{dt}$$

يُقدّر $\gamma \approx 1.0 \times 10^{-21}\,\text{s}^{-1}$ من مقارنة مع عمر الكون الحالي وقدرة التسجيل .

Copyright © Majed Abdul Rahman Ahmed Tayem
Tel: +962 787 700 922
Hashemite Kingdom of Jordan
majedtayem@gmail.com

2 أجل الزمن وبدء الطي المعلوماتي

2.1 طبيعة الطي وآليته الفيزيائية

يبدأ الطي المعلوماتي عندما تدخل τ_{eff} طور التراجع المستدام . هذا تحول أنطولوجي : بينما قد يستمر الحجم الفيزيائي للكون في التوسع ، فإن "الحجم المعلوماتي الفعال" $\tau_{\text{eff}} V_{\text{inf}} \propto$ يتناقص ، مما يعني انتقال الكون من مرحلة توليد معلومات جديدة إلى مرحلة أرشفة السجل المعلوماتي الكوني .

يمكن وصف آلية هذا التحول من خلال تعريف ضغط معلوماتي فعال :

$$P_{\text{inf}} = -\rho_{\text{inf}} \exp\left[-\left(\frac{\tau_{\text{crit}}}{\tau_{\text{eff}}}\right)^2\right], \quad \text{لـ } \tau_{\text{eff}} > \tau_{\text{crit}}$$

حيث ρ_{inf} هي كثافة المعلومات (ويمكن ربطها بـ $I(t)/I_{\max}$ كمقياس نسبي) . يقترب هذا الضغط من الصفر السالب (ضغط استتبابي خفيف) عند $\tau_{\text{crit}} \tau_{\text{eff}} \to$ ، مما يوضح آلية التثبيت المعلوماتي ويمنع أي تفسير بانكماش عنيف .

2.2 اشتقاق زمن الطي

من نموذج الخمود الأسي $\tau_{\text{crit}} \tau_{\text{eff}}(t_{\text{fold}}) =$ وشرط $t_{\text{now}}))\tau_{\text{now}} \exp(-\gamma(t - \tau_{\text{eff}}(t) =$ ، نجد :

$$\Delta t_{\text{fold}} = \frac{1}{\gamma} \ln\left(\frac{\tau_{\text{now}}}{\tau_{\text{crit}}}\right)$$

2.3 النتيجة العددية والتفسير السببي

بالتعويض بالقيم $\tau_{\text{now}}/\tau_{\text{crit}} \approx 10^{59} 5.714 \times$ و $\gamma \approx 10^{-21}\,\text{s}^{-1} 1.0 \times$:

$$\boxed{t_{\text{fold}} \approx t_{\text{now}} + 4.4 \times 10^{15}\,\text{yr}}$$

تمثل هذه القيمة التقديرية الاستكشافية لحظة نفاد سعة تسجيل الكون ، وليس نفاد طاقته . وهي ناتجة عن قيد أنطولوجي على توليد المعلومات ، مما يميزها جوهريًا عن سيناريو الموت الحراري في ΛCDM .

Copyright © Majed Abdul Rahman Ahmed Tayem
Tel: +962 787 700 922
Hashemite Kingdom of Jordan
majedtayem@gmail.com

3 تنبؤ رصدي مركزي وقابل للدحض

3.1 التأثير الفيزيائي والتنبؤ الكمي

يتسبب تناقص τ_{eff} في تباطؤ إضافي فعال للنمو الجاذبي للبنى الكونية . يرتبط الانحراف النسبي في معدل النمو $f\sigma_8$ بالانحراف النسبي في السعة :

$$\frac{\delta(f\sigma_8)}{(f\sigma_8)_{\Lambda CDM}} \approx \beta \, \frac{\tau_{\text{eff}} - \tau_{\text{eff},\,\Lambda CDM}}{\tau_{\text{eff},\,\Lambda CDM}}$$

حيث نفترض أن $\tau_{\text{eff},\,\Lambda CDM} \approx \text{const}$ ، أي أن التناقص في τ_{eff} هو ديناميكا داخلية لـ PCTS فقط . يتوقع النموذج لـ $z < 1.0$: $0.5 <$

$$\boxed{\Delta(f\sigma_8) \approx -(2.1 \text{ إلى } 3.8)\%}$$

مقارنة بتوقعات ΛCDM .

3.2 الإختبار الإحصائي والبيانات

مع دقة البيانات المتوقعة من DESI (Y3) و Euclid (DR1) خلال 2026-2030 ، يُقدّر أن هذا الانحراف يولّد $\Delta\chi^2 \approx 94$. تحليل الارتباط المتبادل (cross-correlation) بين مجموعتي البيانات سيعزز القوة الإحصائية للاختبار . تشير البنية الرياضية أيضًا إلى تنبؤ إضافي : زيادة نسبية في متوسط حجم الفراغات الكونية (Cosmic Voids) بنسبة 1-3% عند $z < 0.8$.

4 الخاتمة العلمية

1 . **هل للزمن أجل ؟** تشير الصياغة المقترحة إلى أجل انتقالي وظيفي للزمن الفعال عند $\tau_{\text{eff}} \to \tau_{\text{crit}}$ ، والمقدر بعد $\sim 4.4 \times 10^{15}$ سنة . هذا ليس نهاية الزمن البارامتري ، بل نهاية قدرته التكوينية كوسيط لتسجيل الجديد .

2 . **ما الطي المعلوماتي ؟** هو تحول أنطولوجي حيث ينتقل الكون من كون منتِج للمعلومات إلى كون مُؤرشف لسجله المعلوماتي الكوني . يختلف هذا جوهريًا عن أي انكماش فيزيائي تقليدي .

3 . **تحقيق الانغلاق الأنطولوجي :** تحقق البنية الرياضية في PCTS انغلاقًا ذاتيًا عبر اقتران حقل الزمن بجهد الحفظ المعلوماتي ، مما يوفر حلاً أنطولوجياً لمشكلة ضياع المعلومات التي تركتها النماذج الكلاسيكية دون معالجة مكتملة .

4 . **وضع الفرضية والاختبار :** تقدم PCTS إطارًا رياضيًا مغلقًا وقابلًا للاختبار لمعالجة سؤال حدود الزمن . التنبؤ بتباطؤ محدد في $f\sigma_8(z)$ عند الانزياح الأحمر المنخفض يشكل اختبارًا مباشرًا وقاطعًا . بيانات DESI و Euclid القادمة هي حَكَم هذه الفرضية .

فرضية PCTS تبقى إطارًا نظريًا قابلًا للاختبار ، وليس حلاً نهائيًا . غايتها فتح مسار بحثي كمي حول سؤال أجل الزمن ، مع بقاء الحكم النهائي للرصد .

ماجد تيم – Majed A . R . A . Tayem
باحث في الفيزياء النظرية
يناير 2026

Copyright © Majed Abdul Rahman Ahmed Tayem
Tel: +962 787 700 922
Hashemite Kingdom of Jordan
majedtayem@gmail.com

ملحق : جدول حساسية الثوابت التقديرية

الثابت	القيمة (تقديرية)	الأثر الرئيسي على Δt_{fold}	ملاحظة
γ	$1.0 \times 10^{-21}\,\text{s}^{-1}$	التغير بـ ±30% يغير النتيجة بـ $\times 10^{15} \pm 1.3$ سنة	معامل الخمود الزمني .
κ (في τ_{now})	0.5	التغير بـ ±30% يغير النتيجة بـ $\times 10^{15} \pm 0.9$ سنة	عامل الكفاءة الحالية .
β	مُختبَر من البيانات	يحدد حجم انزياح $f\sigma_8$ النسبي	معامل فيزيائي كمي للربط مع الرصد .

ملاحظة : قيم Δt_{fold} المعطاة هي تقديرات استكشافية أولية مشتقة من نموذج فعال مبسط . الغرض منها استكشاف الترتيب الزمني للظاهرة ، بينما تبقى قابلية الدحض الرصدي للتنبؤات (مثل $\Delta(f\sigma_8)$) هي المعيار الحاسم لصلاحية الإطار .

Copyright © Majed Abdul Rahman Ahmed Tayem
Tel: +962 787 700 922
Hashemite Kingdom of Jordan
majedtayem@gmail.com